

文章编号 : 1005-8451 (2016) 03-0037-05

定测技术在城市轨道交通SelTrac系统 工程中的应用

霍黎明¹, 秦 健²

(1.中国铁道科学研究院 通信信号研究所, 北京 100081 ;
2.中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘 要 : 定测是设备安装前的一项重要内容, 其数据的准确性关系到后期列车运行的控制精度。本文以实际工程中轨旁设备定测为背景, 论述了轨道交通中定测的类型和方法、关键点, 并分析了误差产生的原因。其中描述的定测方法是SelTrac系统在实际工程中的经验总结, 可为今后城市轨道交通其它系统的设备安装和测量提供参考。

关键词 : 轨道交通 ; 定测 ; 方法应用 ; 关键点 ; SelTrac

中图分类号 : U231.6 TP39 **文献标识码 :** A

Location survey applied to SelTrac System of Urban Transit

HUO Liming¹, QING Jian²

(1. Signal & Communication Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China;
2. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Location survey is an important part of equipment before installation, the accuracy of the data relates to the late stage of train operation control accuracy. This article taken the location survey of wayside equipment of practical engineering as the background, discussed the types and methods, the key points of location survey in Urban Transit, analyzed the causes of error. The location survey method is the summarize experience of SelTrac System in the actual project, can provide a reference for the equipment installation and measurement of Urban Transit.

Key words: Urban Transit; location survey; method and application; key point; SelTrac

定测是根据已经批准的可行性研究和定测任务书的要求, 结合现场的地形、地质、水文等情况, 对线路局部方案及位置做进一步研究、改善和落实, 在现场钉设线路位置及相关设备的安装位置。在实际工程应用中, 根据设计图纸精确的标记设备的位置是十分重要的一项内容, 也是定测的一项重要类型。在轨道交通工程实施中, 如何根据设计图纸, 准确地标定出相关设备的安装位置, 特别是对要求实现列车自动运行 (ATO, Automatic Train Operation) 模式, 对列车位置要求较高的控制系统, 这项工作尤为重要。本文着重描述了在城市轨道交通系统工程应用中, 以SelTrac系统为例, 如何对相关设备的安装位置做到精确的定测。

Seltrac系统是一种基于通信的移动闭塞列车控

制系统, 能够极大地提高操作员的服务性能, 通过轨旁固定的感应线圈来得知列车的位置, 极大地缩短列车运行间隔。

1 定测类型及方法

在城市轨道交通工程中许多信号系统采用的是以环线通信为基础的SelTrac系统, 它通过感应环线通信系统来为列车与地面之间提供通信保。在国内地铁线路使用较多, 例如: 广州地铁3号线及其北延段, 北京地铁4号线及大兴线均采用了此系统。

在城市轨道交通中, 车站是重要的节点, 车站区段内对列车运行精度要求较高, 轨旁配有大量的设备, 对于SelTrac系统, 主要是计轴器、信号灯、感应环线、AJB、RLB等感应环线和移动闭塞设备, 尤其是在道岔区段内, 采用的环线比较多, 相反在站间区段内由于设备相对较少且没有道岔等分线路

收稿日期: 2015-07-15

作者简介: 霍黎明, 高级工程师; 秦 健, 高级工程师。

情况出现，所以定测相对容易。根据复杂程度定测可分为直线区段定测和道岔区段定测两种类型。

城市轨道交通应用中，其上下行一般以该城市为中心来确定，从该中心发出至其它方向的地铁列车为下行（左线），在坐标参考表中以 ZDK 表示；反之从其它方向驶来的列车为上行（右线），在坐标参考表中以 YDK 表示；例如：广州地铁 3 号线北延段中规定从广州东站驶向机场北方向为下行，从机场北驶向广州东站方向为上行。

1.1 直线区段定测

直线区段定测是指两车站上下行直线区间段（不经过道岔转向）内线路的定测，这种定测相对容易较易掌握，主要从以下几个方面进行定测。

1.1.1 在钢轨上确定车站中心坐标位置

在所测定测的车站信号平面图上找到所要定测的车站站台，站台有两个，分为上行和下行，在如图 1 所示的车站信号平面图中表示为 JCB1 和 JCB2。对于下行方向为 JCB1，参考表 1 所示的设备坐标表，查得坐标为 -30 470.3；对于上行方向为 JCB2，查得表中坐标也为 -30 470.3；实际上此点就在该车站站台的正中央位置，在现场测量时，在对应位置

表1 设备坐标表

ZDK	设备编码	RLB91	C1904 S1904	W1906			W1904	C1912 X1908	AJB1	JCB1	C1913
	坐标	-30786.3	-30611.3	-30607.5			-30540.1	-30534.8	-30534	-30470.3	-3040.3
YDK	设备编码	RLB92	C1902 S1902	W1902	C1906	C1908	W1908	C1910 X1906	AJB2	JCB2	C1911 S1907
	坐标	-30786.3	-30611.3	-30607.5	-30586.3	-30561.2	-30540.1	-30534.8	-30534	30470.3	-3040.3

表1 设备坐标表（续）

ZDK	设备编码			W1901	C1907 X1905	AJB3	RLB93	PHASE1 LHS END OF TRACK	RLB95	C1903 X1903	FX1903
	坐标			-30333.1	-30323.8	-30301	-30298.8	-29819.5	-29813.2	-29813.1	-29733
YDK	设备编码	W1903	C1909		C1905	AJB4	RLB94	PHASE1 LHS END OF TRACK	RLB96	C1901 X1901	FX1901
	坐标	-30400.5	-30353.5		-30342.6	-30301	-30298.8	-29818.7	-29813.2	-29813.1	-29733

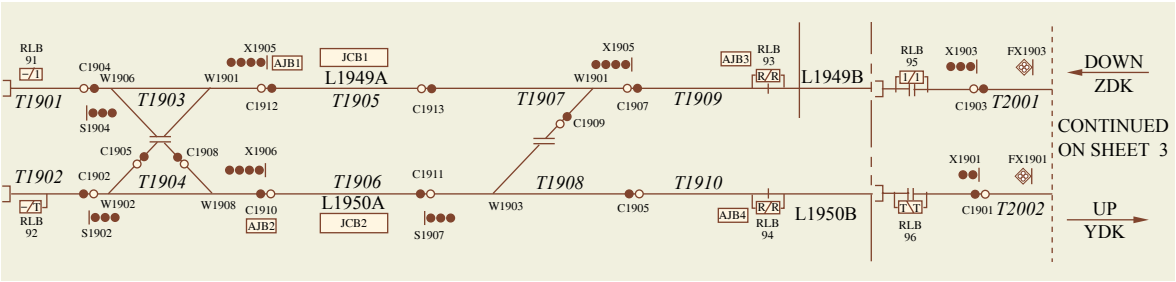


图1 车站信号平面全图

墙上或站台边上可以找到该点的红色标记位，用悬锤和 5 m 钢尺从标记位处至垂直钢轨进行精确量测，从钢轨上获得该中心点的垂直投影并标注即可。

1.1.2 环线的交叉位置编号定测

进行定测时要从上面获得的车站中心点分别向两侧进行定测。以图 2 中上行方向定测为例：从车站中心点坐标开始向上行方向进行测量，测量时要根据 VCC 交叉坐标表内容严格进行，首先找到交叉表中的 JCB2 的坐标值，根据间隔距离（一般是固定间隔，以 25 m 和 24 m 居多）依此进行测量，并在钢轨上进行标注，同时墙上也要记录该点位的位置编号，必要时进行标注说明。因为是顺着上行方向，因此坐标值的绝对值越来越小，依此类推下去直至到达两车站间区间段的中部（一般距离中心点剩余 5 ~ 10 个环线点位）时停止；用同样的方法在上行线路上的下一车站反向进行交叉位置编号定测，直至快接近上次测量的中部地点时，根据墙上的参考坐标值对实际坐标进行校对，把发现的误差平均添加到剩余的几个环线区间内，误差一般为几十公分正常，否则要重新测量，找到错误原因。

以上这种定测方法是由车站平台中间坐标位置向两侧分别进行定测，目的是要把测量的误差尽量压缩在两车站间的区间内，充分保证在车站各设备及环线设备位置的精确性，否则在列车自动控制（ATC，Automatic Train Control）模式，设备位置的不准确容易造成列车运

行的不安全和停车位置不准确，从而影响其相关作业，例如：屏蔽门打开后无法准确对准车厢门等误差情况的发生。

1.1.3 设备定测

根据上面中所述的定测方法，在进行交叉位置编号定测过程中，参考信号平面图会发现有许多信号设备，主要包括：计轴器、信号灯、复显信号灯、RLB 环线箱、AJB 计轴接线盒等，这些信号设备在定测过程中，对于不符合要求的位置，要根据后面讲述的移动原则进行移动定位并标注位置。以图 2 为例，从 JCB2 开始的上行方向首先遇到 C1911 计轴器和 S1907 信号灯，为此我们从表 1 中要查找出以上两个设备的坐标值，均为 -304 050.3，可以确定这两设备在同一地点，而 JCB2 的车站中心点坐标为 -30 470.3，因此这两设备的位置就在距离 JCB2 上行方向的 $30470.3 - 304050.3 = 65$ (m) 处，在该位置处要进行标注说明。如果该设备不符合安装要求（计轴不能安装在枕木上或要求距离轨缝 1 m 等），则要根据后面所述的移动原则进行移动再进行定位。根据上面的方法，在实际测量中可以根据已经测得的最近环线交叉位置编号的坐标值和该设备的坐标进行比较，从而较方便的找到相应设备的位置，所有设备均按此方法进行标注定位。

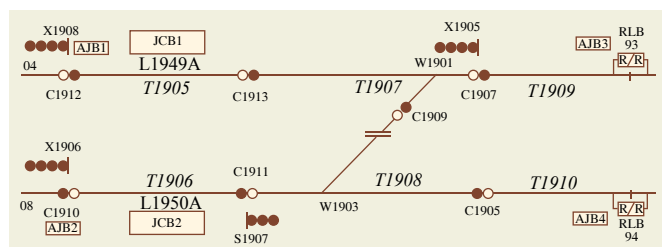


图2 信号局部图

1.2 道岔区段定测

道岔区段内设备相对不多，但环线较多，定测起来较为复杂，因此根据对象类型分为道岔区段内的设备和环线定测两种。

1.2.1 道岔区段设备定测

如图 3 信号局部图中所示, C1907 计轴为道岔区段内的设备, 对其进行定测要关键要找准从正线来的参考点坐标, 从图中可以看出, 最近最方便参考的对象就是 W1901 道岔, 在表 1 中也能找到其坐

标值,为-30 333.1,其坐标点是指道岔的岔尖位置(切记),记轴 C1909 坐标值为-30 353.5。从岔尖顺着斜轨进行量测, $30353.5-30333.1=20.4(\text{m})$ 即为 C1909 计轴器的位置。其它设备采用此方法依此进行定测。

1.2.2 道岔区段内环线定测

道岔区段内环线较复杂, 在一个道岔区段内一般有 2~4 条环线, 如图 3 道岔区段环线示意图所示(此为一张图), 图中共有 3 条环线, 分别为红线实线一条、下方蓝线虚线一条、上方蓝色虚线一条。在定测前首先看明白各线环线的走向及其在道岔区段内的绕向, 其次在几个重要的绕行位置进行标注, 分别为从此道岔轨缝开始的第 2 个半枕木位置、从此道岔尖开始测量 13.378 m 处, 即图 3 (续) 的 4 标号处、此道岔的第 29 枕木处、第 37 枕木处。这些重要位置表明了环线的走向及交叉方式, 因此在地上要用红色涂料标明。

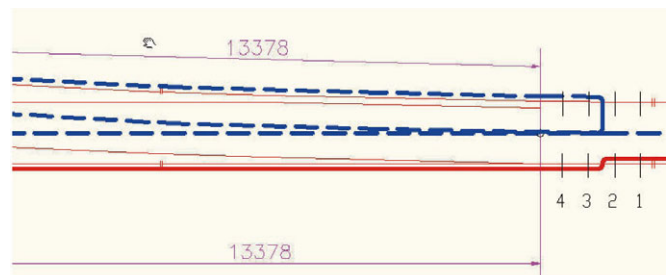


图3 道岔区段环线示意图

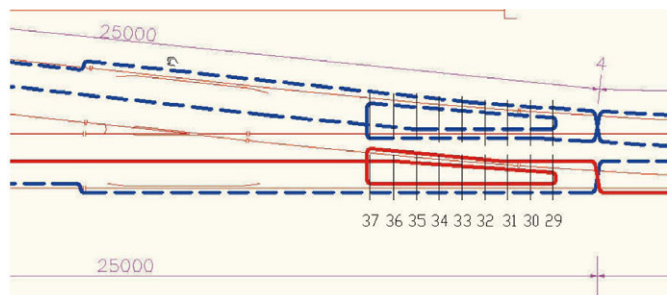


图3 道岔区段环线示意图(续)

3 定测关键技术要求

定测中虽然要求设备要严格按照设计图来确定，但实际工程应用，还要充分考虑到设备的工作性能和最佳位置，在原先规定的位置上作相应的调整，我们应该从以下几个方面进行把握。

3.1 计轴磁头的定测技术要求

(1) 磁头安装位置要距钢轨接头或绝缘节保持 1 米距离（指钢轨的焊缝或鱼尾板），以确保安装的稳

定性和可靠性。

(2) 磁头距离相邻磁头, 至少保持 2 m 距离防止造成相互干扰。

(3) 在岔区位置, 磁头要距相邻钢轨至少保持 1m 距离, 以保证安全性。

(4) 如果磁头安装位置的钢轨上有钢印(或凹凸不平), 或者在两根枕木中间位置, 为保证磁头的稳定性, 均要进行记录并重新设计确定新安装位置。

3.2 现场移动原则

3.2.1 信号机在岔尖前时

如果计轴器能在设计位置安装, 而信号机不能在设计位置安装, 那么信号机首选往远离道岔方向移动; 如在远离道岔方向不能安装, 再往岔尖方向移动。并且信号机的移动距离不能超过 0.5 m。

如果计轴器不能在设计位置安装时, 应往远离岔尖方向移动, 并且距离不超过 0.5 m。在此情况下如果信号机不能在设计位置安装, 那么信号机首选往远离道岔方向移动, 并且距离不超过 0.5 m; 如信号机在远离道岔方向不能安装, 再往岔尖方向移动, 但移动后的信号机与计轴器的距离不能大于 0.5 m。

3.2.2 信号机不在岔尖前时

信号机能在设计位置安装。计轴器不能在设计位置安装时, 往列车运行方向移动并且不超过 0.5 m。

信号机不能在设计位置安装时, 首选在列车运行反方向移动; 如信号机不能在列车运行反方向安装, 再往列车运行方向移动。并且距离不超过 0.5 m。如果计轴器不能在设计位置安装, 则尽量使移动后的计轴器和信号机在同一位置; 如两者不能在同一位置, 则计轴器尽量放在信号机的后方, 并且距离不超过 0.5 m。

当信号机移动距离大于 0.5 m 时, 不管是否在岔区, 信号机只能往列车运行反方向移动。现场人员需报告设计人员, 并告知建议的信号机和计轴器位置。在设计人员全面分析后, 再确定信号机、计轴器的安装位置。

3.3 移动距离的记录

定测中如果要更改一些设备的位置, 对于信号机, 如果移动距离在 ± 0.2 m 范围内时, 不需记录; 如果移动距离大于 0.2 m 时, 则需要记录下来, 以备

在后期软件和工程中修改数据。如果是计轴器, 那么其任何移动, 都需要记录下来通知软件和工程实施方, 因为计轴器作为精确的定位设备, 其位置的变化直接影响到将来控停车的准确性。

4 误差原因分析

(1) 方法误差: 由于测量方法不完善所造成的误差。例如在定测中会发现测得的交叉点位坐标与墙上标注的参考坐标不一致, 这主要是由于测量时线路中出现了弯道, 因为在定测时我们往往只测量一条轨, 而参考坐标是以两轨间中心点的位置测得的, 这样随着长度的增加, 误差越来越大。为避免这种现象的发生, 我们在弯道区定测时, 应以两轨的中间为测量点进行测量, 就是充分减小这种误差。

(2) 量距误差: 测量中一般使用钢尺丈量, 普通钢尺量距精度可达 $1/3\ 000 \sim 1/5\ 000$, 对于经严格检定的钢尺, 采取严格的手段量距, 其精度可达 $1/8\ 000 \sim 1/10\ 000$ 。即测量跨度在 50 m 以内, 经检定的钢尺量距误差可控制在 6 mm 以内。

(3) 特殊技术和要求产生的误差: 由于好多设备的安装和定位有特殊的要求, 安装过程中必须结合实际现场环境, 按照计轴磁头的技术要求和现场移动原则等多种因素来确定设备的最终位置, 会造成设备定位数据和设计基准不重合的误差。这种情况下要因在满足特殊技术和要求的情况下来确定设备的安装位置。

(4) 操作错误: 操作错误是由于测量人员的粗心, 不遵守操作规程, 责任心不强引起的。测量时应严格按照定测要求和操作方法进行, 避免此类错误的发生。

(5) 不可避免的人为误差原因所致。

5 结束语

通过科学的定测方法确定的相关设备的精确安装位置数据, 能够为施工单位的安装实施提供精确的操作依据, 最终能够保障信号设备的完好运行。轨道交通轨旁设备的科学定测表面上看是一项简单的工作, 但在实际上操作中要考虑的内容较多, 要求细致而慎重, 在定测前一定要掌握定测的基本知识和相关的操作原则, 在现场勤于记录定测中发现的

问题，采用科学的方法，善于进行总结和分析，这样才能把定测工作做好，保证安装数据的准确性。

参考文献：

[1] 中华人民共和国建设部，中华人民共和国质量监督检验检疫局 . GB 50308—2008 城市轨道交通工程测量规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2008.

[2] 郑国华 . 地铁车站设备安装调试技术 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2010，5.
[3] 李应洪 . 高速铁路定测线位控制探讨 [J]. 铁道勘测与设计，1998（4）.
[4] 冉龙华 . 线路定测曲线调整的方法及其应用 [J]. 铁道标准设计，2005（2）.

责任编辑 徐侃春

（上接 P33）

的客流数据作为输入，对当日客流作为输出进行训练并测试。

（4）使用相关性较强的 IMF2 ~ 7，R7，以及 GA-BP 预测的客流数据作为输入，对当日客流作为输出进行训练并测试。

最终的预测结果如表 2 所示。

表2 各重构方案预测结果

方案	MAPE	PEARSON
GA-BP直接预测	11.99%	0.772 4
方案（1）	6.02%	0.890 0
方案（2）	5.51%	0.960 1
方案（3）	8.36%	0.892 2
方案（4）	5.80%	0.772 7

观察表 2，可以看出使用 GA-BP 算法对客流数据直接预测的精度是最差的，对 IMF 简单求和的方案效果亦不理想。对比方案（3）与方案（4），可以看出剔除 IMF1 分量可以显著减少分量预测误差对最终精度的影响。对比方案（2）与方案（3），可以看出在输入集中加入 GA-BP 直接预测的结果并无必要，反而会因为预测的中间误差使最终精度下降。方案（2）与方案（4）的预测精度相差不多，但是相关性相差较大。可以推测 IMF1 作为高频分量，预测结果虽不理想，但是在相关性方面的贡献较大，其中包含了较多原数据的高频波动信息。

综上，方案（2）是较优的方案。方案（2）的预测结果与实际值的对比如图 7 所示。

4 结束语

本文描述了 EEMD-GA-BP 的组合预测算法，并以泰安站到达客流数据为例验证了其相较于传统预测算法（如 GA-BP 算法）具有更高的预测精度，在

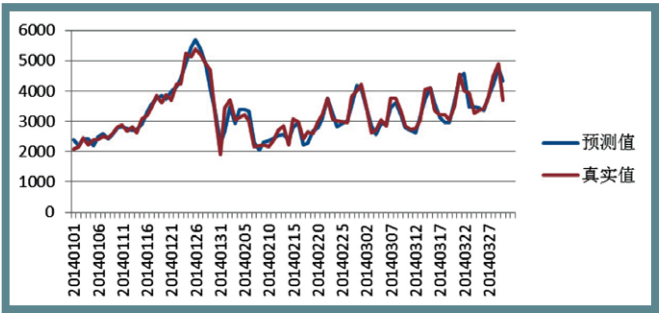


图7 方案（2）预测结果示意图

其基础上对比了多个 IMF 的重构方案，并确定了较优方案，使 IMF 的中间预测误差对最终结果影响较小，保证了最终预测结果的准确。

参考文献：

[1] 许廷鑫，李克平 . 应用 EMD 方法分析交通流量的动态特性 [J]. 科学技术与工程，2009（11）：3003-3008.
[2] 黄建国，罗航，王厚军，等 . 运用 GA-BP 神经网络研究时间序列的预测 [J]. 电子科技大学学报，2009，38（5）：687-692.
[3] 白玮莉，刘志刚，彭权威，等 . 基于 HHT 和神经网络组合的负荷预测模型研究 [J]. 电力系统保护与控制，2009（19）：31-35.
[4] 潘亮 . 基于 EEMD、GSVM 的高速铁路短期客流预测 [D]. 北京：北京交通大学，2012.
[5] 李松，刘力军，解永乐 . 遗传算法优化 BP 神经网络的短时交通流混沌预测 [J]. 控制与决策，2011，26（10）：1581-1585.
[6] 杨柳青 . 基于 EEMD 的航空客流需求预测技术及其应用研究 [D]. 武汉：华中科技大学，2009.
[7] 甄静 . 京沪线铁路客流规律分析 [J]. 中国铁道科学，2002，23（2）：122-126.
[8] 钟佑明，秦树人 . 希尔伯特 - 黄变换的统一理论依据研究 [J]. 振动与冲击，2006，25（3）：40-43.

责任编辑 徐侃春